

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 406 190**

21 Número de solicitud: 201100858

51 Int. Cl.:

**G01N 21/31** (2006.01)

12

## SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**23.07.2011**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**05.06.2013**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (100.0%)  
PABELLON DE GOBIERNO AVDA. DE LOS  
CASTROS S/N  
39005 SANTANDER (Cantabria) ES**

72 Inventor/es:

**CONDE PORTILLA, Olga Maria;  
COBO GARCIA, Adolfo;  
GARCIA ALLENDE, Pilar Beatriz;  
MIRAPEIX SERRANO, Jesus;  
VALDIANDE GUTIERREZ, Jose Julian y  
LOPEZ HIGUERA, José Miguel**

54 Título: **SISTEMA Y METODO DE CAPTURA DE IMAGENES MULTIESPECTRALES PARA LA DISCRIMINACION DE MATERIALES.**

57 Resumen:

Un sistema de captura de imágenes multiespectrales para la discriminación de materiales, que comprende: una pluralidad de fuentes de luz (1) para emitir longitudes de onda diferentes y configuradas para encenderse y apagarse mediante un sistema de control (7) y para iluminar un objeto (2) de cuyos materiales se desea obtener una imagen multiespectral; una cámara de visión (5) que comprende un sensor formador de imagen bidimensional. El sistema comprende una superficie difusora (3) situada entre la cámara y el conjunto formado por las fuentes de luz (1) y dicho objeto (2). La superficie difusora (3) comprende una abertura (4) a través de la cual dicha cámara (5) es capaz de captar una imagen de dicho objeto (2), y donde la disposición relativa entre las fuentes de luz, la cámara y la superficie difusora permite evitar la captación por la cámara de reflexión especular no difusa. Un método de captura de imágenes multiespectrales para la discriminación de materiales.

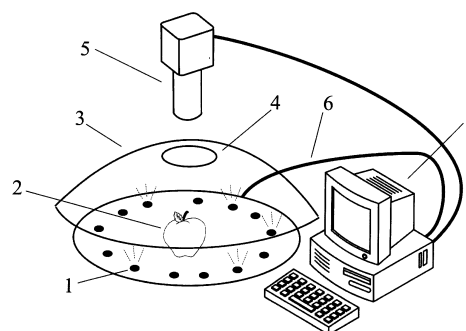


FIGURA 1

**DESCRIPCION**

**SISTEMA Y MÉTODO DE CAPTURA DE IMÁGENES  
MULTIESPECTRALES PARA LA DISCRIMINACIÓN DE  
MATERIALES**

5

**SECTOR DE LA TÉCNICA**

La invención se encuadra en el sector de la instrumentación para la visión artificial, más concretamente, aquellos sistemas de visión artificial que recogen imágenes en múltiples bandas espectrales y en bandas espectrales no convencionales, que se utilizan en la industria para diversas tareas como es la identificación automática de materiales.

10

**ESTADO DE LA TÉCNICA**

La visión multiespectral (*spectral imaging*) es una forma de visión artificial en la que una o varias bandas de energía electromagnética son empleadas para generar una o varias imágenes de un mismo objeto. Esta imagen, proveniente de la interacción entre la energía electromagnética incidente y el objeto, se denomina imagen multiespectral y proporciona información de la composición química del material que compone el objeto que permite su identificación unívoca posibilitando el desarrollo de sistemas que permitan la discriminación automática de diferentes materiales.

20

La visión multiespectral puede conseguirse siguiendo diferentes alternativas que pueden agruparse en dos vías: escaneado del objeto en longitud de onda y/o en espacio, y la obtención de las imágenes espectrales simultáneamente o cuasi-simultáneamente.

25

Dentro de la opción de escaneado del objeto hay diferentes categorías: escaneado espectral, escaneado espacial, escaneado espectral-espacial y escaneado del espectro de la fuente de luz. El escaneado espectral emplea una pluralidad de filtros ópticos de banda estrecha ubicados entre el objeto y el detector de luz en instantes temporales diferentes obteniendo para cada instante la correspondiente imagen espectral. El escaneado espacial genera una pluralidad de imágenes espectrales para una línea sobre el objeto, la otra dimensión de la imagen se debe

30

escanear mecánicamente. El escaneado espectral-espacial emplea filtros interferenciales lineales y variables cuya banda óptica pasante cambia a lo largo de una de las dimensiones espaciales. Combinándolo con el filtrado óptico temporal se puede conseguir el escaneado espectral-espacial. El escaneado del espectro de la fuente de luz se consigue variando selectivamente la longitud de onda que ilumina al objeto generando una imagen espectral para cada incidencia.

La adquisición simultánea de visión multispectral sólo puede generar un número pequeño de imágenes espectrales y dentro de esta aproximación también existen varias alternativas: múltiples cámaras en paralelo, clonación de imágenes, óptica dispersiva, múltiples microfiltros y CCD no convencionales. La opción de múltiples cámaras emplea una pluralidad de cámaras cada una capturando una imagen a una longitud de onda diferente. La clonación de imágenes emplea óptica específica basada en prismas, espejos, partidores de haz, etc. para obtener copias de la imagen que posteriormente pueden filtrarse ópticamente antes de la detección. La óptica dispersiva emplea redes de difracción para formar varias imágenes espacialmente distorsionadas con bandas espectrales superpuestas sobre un detector. Los CCD color convencionales emplean una configuración de patrón de microfiltros en colores cyan-magenta-amarillo-verde (CMYG) o rojo-verde-azul (RGB) para aproximar el color del objeto de la imagen. Como las bandas espectrales de los microfiltros suelen ser amplias, la selectividad en longitud de onda de esta alternativa suele ser baja. Por último, la visión multispectral basada en CCD no convencionales emplea un tipo de CCD cuyos píxeles se encuentran a diferentes profundidades en el sustrato del mismo. La ubicación en profundidad de cada píxel forma un filtro óptico paso de banda cuya banda espectral está relacionada con su profundidad.

Todas las soluciones hasta el momento, descritas por ejemplo en los documentos de patente US 4170987, WO/2007/056102, WO/2006/104785, WO/2003/054839, US 5099317, US 7019777, US 5790188, US 4790654, WO/2008/024201 o US 5239180, necesitan una óptica adicional que realice la función de separación o elección de las bandas espectrales. Sería deseable poder emplear una cámara convencional, con amplio rango espectral de respuesta, que no necesite óptica adicional.

Además, las fuentes de luz necesarias para iluminar los objetos bajo análisis suelen ser fuentes de luz blanca, es decir, con emisión de luz en un gran rango espectral, por ejemplo, focos halógenos, y, posteriormente, los elementos ópticos mencionados se encargan de seleccionar las bandas espectrales requeridas. En última instancia, es habitual que sólo algunas bandas espectrales sean analizadas, este tipo de fuentes de luz “blancas” de gran anchura espectral emiten más luz de la necesaria, con el consiguiente gasto energético inútil que, a veces, resulta además pernicioso para la muestra.

La solicitud de patente española ES 2310154-A1 describe un dispositivo y método para la obtención de imágenes multiespectrales, en el que las longitudes de onda de emisión de cada fuente de luz se escogen previamente mediante un algoritmo de selección de longitudes de onda. Sin embargo, el sistema de iluminación previsto no garantiza la uniformidad espacial necesaria para que todas las zonas del objeto bajo análisis estén iluminadas por igual. Además, este dispositivo y método no contempla el control de la luminosidad de cada fuente de luz individual de forma que se compensen las diferencias de intensidad de emisión de cada fuente de luz o la diferente sensibilidad de la cámara de visión a las diferentes longitudes de onda utilizadas.

La patente US 4558786 describe un sistema para la discriminación de frutas y verduras estropeadas basándose en la reflectancia a diferentes longitudes de onda procedentes de fuentes de luz diferentes encendidas en secuencia, si bien la luz reflejada por el objeto es recogida por una fotocélula simple (no una cámara formadora de imagen), y una electrónica específica determina mediante un contador y comparadores el grado de reflectancia a los diferentes colores.

El sistema anterior presenta el problema de que la discriminación se ve influenciada por el tamaño de los objetivos y no sólo por su reflectancia. Otro problema es que la fuente emisora de luz y la fotocélula receptora están orientadas a lo largo del mismo eje con respecto a la pieza de verdura o fruta (situación co-lineal), lo que produce una gran señal de reflectancia especular (no difusa) que enmascara la señal útil para la discriminación. Otra limitación del citado sistema es que una fotocélula simple integra espacialmente toda la luz recibida, por lo

que no es posible diferenciar múltiples objetos situados frente al sistema, o analizar de forma específica diferentes partes de un mismo objeto. Otra limitación es que cada longitud de onda empleada implica duplicar todo el sub-sistema emisor-receptor óptico, así como que la circuitería de detección sólo es capaz de trabajar con 4 longitudes de onda, requiriendo su extensión a un número mayor de longitudes de onda una modificación y ampliación no trivial. Similar aplicación y limitaciones presenta la patente US 5000569 y la EP 0375881.

La patente EP 1914529, por otro lado, describe un instrumento para analizar el contenido espectral de la reflexión difusa de un objeto en diferentes direcciones del espacio. Este instrumento utiliza una pluralidad de emisores de luz a diferentes longitudes de onda, pero con la característica de ser sustancialmente colimados, así como un conjunto de espectrómetros, también caracterizados por recoger la luz de una única dirección del espacio. La determinación del contenido espectral de la radiación reflejada requiere por tanto de un instrumento con óptica difractiva, el citado espectrómetro. Se incorpora una cámara de visión trabajando en el rango visible, que es utilizada por un operador con el único fin de visionar la imagen generada y poder posicionar correctamente el objeto bajo estudio.

En suma, los sistemas convencionales presentan los siguientes inconvenientes: la necesidad de instrumentos con óptica compleja para realizar un análisis espectral, la iluminación con fuentes de luz de espectro ancho que son energéticamente ineficientes, o de espectro estrecho pero centradas en longitudes de onda que no son las óptimas para realizar tareas de discriminación de materiales concretas; el empleo de configuraciones que provocan la captura no deseada de la reflexión luminosa especular no difusa (que no incluye suficiente información sobre el material); y la imposibilidad de discriminar espacialmente en diferentes zonas de un mismo objeto o cuando hay múltiples objetos a discriminar en el campo de visión.

## RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención trata de resolver los problemas del estado de la técnica como se describe a continuación.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de captura de imágenes multiespectrales para la discriminación de materiales, que comprende: una pluralidad de fuentes de luz, configuradas para emitir una pluralidad de longitudes de onda diferentes y configuradas para encenderse y apagarse a voluntad mediante un sistema de control y para iluminar un objeto de cuyo material o materiales se desea obtener una imagen multiespectral; una cámara de visión que comprende un sensor formador de imagen bidimensional sensible a la luz de al menos a todas las longitudes de onda emitidas por dichas fuentes de luz. El sistema comprende una superficie difusora situada entre dicha cámara de visión y el conjunto formado por dicha pluralidad de fuentes de luz y dicho objeto, donde dicha superficie reflectora comprende una abertura a través de la cual dicha cámara es capaz de captar al menos una imagen de dicho objeto, y donde la disposición relativa entre las fuentes de luz, la cámara de visión, la superficie difusora y la abertura es tal que permite visualizar el objeto (2) completo, evitando la captación por la cámara de reflexión especular no difusa o de la luz directa emitida por las fuentes de luz.

Preferentemente, el objeto está rodeado por dicha pluralidad de fuentes de luz.

Preferentemente, las fuentes de luz y el objeto están situados en un mismo plano.

Preferentemente, la superficie difusora es un reflector difuso.

Preferentemente, la superficie difusora tiene una forma semiesférica o parabólica.

Preferentemente, el sistema de control está configurado para controlar la adquisición de imágenes de la cámara.

Preferentemente, el sistema de control está configurado para controlar la potencia de emisión de las fuentes de luz mediante la generación de una señal de control variable ( $S_1$ ) capaz de compensar las variaciones de eficiencia de las fuentes de luz y de la sensibilidad de la cámara

de visión a las diferentes longitudes de onda. En este caso, preferentemente la señal de control variable ( $S_1$ ) responde a la fórmula:

$$S_1 = S_R \cdot \frac{E_R}{E_1} \cdot \frac{C_R}{C_1}$$

- 5 donde  $S_R$  es una señal de control de referencia que se aplica a las fuentes de luz que generan una cualquiera longitud de onda  $\lambda_R$ ,  $E_R$  es la eficiencia de las fuentes de luz a una longitud de onda de referencia  $\lambda_R$ ,  $E_1$  es la eficiencia de las fuentes de luz que generan una longitud de onda  $\lambda_1$ ,  $C_R$  es la sensibilidad de la cámara de visión a la longitud de onda de referencia  $\lambda_R$  y  $C_1$  es la sensibilidad de la cámara de visión a la longitud de onda  $\lambda_1$ . Cada una de las
- 10 longitudes de onda correspondientes a cada una de las fuentes de luz lleva asociada su señal de control específica.

- En otro aspecto de la invención, se proporciona un método de captura de imágenes multiespectrales para la discriminación de materiales, que comprende las etapas de: encender
- 15 secuencialmente cada una de las fuentes de luz de una pluralidad de fuentes de luz espectralmente estrechas, donde dichas fuentes de luz emiten una pluralidad de longitudes de onda diferentes, de forma que dichas fuentes de luz iluminan un objeto de cuyo material o materiales se desea obtener una imagen multiespectral; capturar, mediante una cámara de visión, una imagen de dicho objeto iluminado con cada longitud de onda, de forma que se
- 20 obtienen múltiples imágenes, cada una a una longitud de onda diferente, formando una imagen multiespectral conjunta; discriminar, a partir de dicha imagen multiespectral conjunta, el o los diferentes materiales presentes en dicho objeto.

Las ventajas de la invención se harán evidentes en la descripción siguiente.

25

## **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar

esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

La figura 1 muestra un esquema de un sistema de captura de imágenes multiespectrales de acuerdo con una posible realización de la presente invención.

### **DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION**

10 En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. 15 deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende 20 que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

25 La figura 1 muestra un esquema del sistema de captura de imágenes multiespectrales para la discriminación de materiales (decidir si se trata de un material u otro) de la invención. Esta discriminación de materiales se realiza a partir de las imágenes captadas por una cámara de visión.

30 En el sistema y método de la invención se actúa sobre el conjunto de fuentes de luz 1 para conseguir obtener imágenes multiespectrales en un número arbitrario de longitudes de onda.



El sistema de captura de imágenes multispectrales comprende un conjunto de fuentes de luz de anchura espectral pequeña y preferentemente diferentes longitudes de onda de emisión. Por anchura espectral pequeña ha de entenderse, en el contexto de la presente invención, anchura espectral inferior a 50 nm. Además, para cada una de las longitudes de onda, puede usarse una o más fuentes de luz. Esto permite obtener un área emisora de luz más grande (para iluminar escenas más voluminosas), una mayor radiación óptica (que puede aumentar la cantidad de luz recogida por la cámara y por tanto la calidad de las imágenes) o una iluminación más uniforme, que facilita la tarea de discriminación posterior. Por tanto, que haya una única fuente de luz emitiendo a cada longitud de onda elegida o haya más de una, depende de la aplicación específica. Como fuentes de luz pueden usarse cualquiera de las convencionales cuya anchura espectral sea inferior a 50 nm. Ejemplos no limitativos de estas fuentes de luz son diodos electroluminiscentes (LED) o diodos láser. Las fuentes de luz 1 pueden encenderse y apagarse a voluntad mediante un sistema de control 7. Las fuentes de luz 1 se usan para iluminar el o los materiales cuya imagen multispectral se desea obtener.

El objeto 2 cuyo material se va a discriminar mediante el sistema y método de la invención se sitúa de forma que quede sustancialmente rodeado por el conjunto de fuentes de luz 1. La figura 1 muestra un ejemplo de esta disposición, en la que se muestra una manzana 2 alrededor de la cual se localizan las fuentes de luz 1.

Las fuentes de luz 1 son encendidas de forma individual y secuencialmente para iluminar el objeto o muestra bajo análisis a diferentes longitudes de onda. Estas fuentes de luz 1 están situadas sobre una superficie, preferentemente plana, y como se indica a continuación, colocadas alrededor del objeto o muestra 2 bajo análisis, de tal forma que emiten un haz de radiación óptica que alcanza la escena a iluminar a través de otra superficie 3, que como se indica a continuación es una superficie difusora 3 en un amplio rango de longitudes de onda que garantiza la iluminación uniforme en toda la superficie de la muestra. Por superficie difusora en un amplio rango de longitudes de onda debe entenderse que la superficie presenta una reflectividad difusa elevada (cercana al 100%) al menos, a todas las longitudes de onda emitidas por las fuentes de luz 1. La superficie difusora 3 tiene como principal misión difundir

la luz sobre la muestra para uniformizar la incidencia de la misma y que sea independiente de la ubicación (discreta y puntual) de la fuente de luz.

En una realización particular, las fuentes de luz 1 se sitúan sobre un plano, que es el mismo  
5 que ocupa la superficie del objeto 2 bajo análisis. Preferentemente las fuentes de luz 1 adoptan una distribución circular rodeando el objeto 2, y situando sobre ese plano el citado reflector 3.

Como se ha mencionado, el conjunto formado por las fuentes de luz 1 y el objeto 2 cuyo material se desea discriminar se cubre con una superficie difusora 3 o reflector difuso en un  
10 amplio rango de longitudes de onda. Éste tiene preferentemente una forma semiesférica o parabólica, pero otras formas son también posibles, y la superficie difusora debe ser sustancialmente perfecta en un rango espectral amplio. Ejemplos no limitativos de esta superficie difusora 3 son fluoropolímeros, PTFE (politetrafluoroetileno) o Spectralon®.

15 La superficie difusora 3 tiene una abertura 4, preferentemente circular, a través de la cual una cámara de visión convencional de amplio rango espectral 5 es capaz de obtener imágenes de la muestra. Por amplio rango espectral ha de entenderse que es sensible a la luz al menos a todas las longitudes de onda emitidas por las fuentes de luz 1. La cámara de visión se sitúa en la vertical del objeto, de forma que la imagen es accesible a través de la abertura 4 en la citada  
20 superficie 3. Esta cámara 5 queda fuera del alcance de la presente invención, pudiendo usarse cualquiera de las convencionales que tenga amplio rango espectral. A modo de ejemplo, puede usarse una cámara estrictamente “monocroma”, en la que su limitación principal (no distinguir colores) queda compensada por la iluminación secuencial a diferentes longitudes de onda, obteniéndose por lo tanto una imagen “mejor que en color”, ya que no tiene tres bandas  
25 espectrales (rojo, verde y azul), sino las que queramos.

La disposición relativa entre las fuentes de luz 1 y la cámara de visión 5, con ayuda del difusor 3, evita la captación por la cámara 5 de reflexión especular no difusa. Esta disposición relativa debe ser tal que la cámara de visión 5 visualice el objeto completo pero no haya un camino  
30 directo desde ninguna de las fuentes de luz 1 hasta la cámara de visión 5. Una posible realización de estas condiciones consiste en el alineamiento concéntrico de la cámara de visión

5 con respecto a la abertura 4, y situando verticalmente la cámara de visión para evitar la visión directa de las fuentes de luz 1.

Gracias a que la cámara 5 es de amplia respuesta espectral, por ejemplo basada en sensor CCD o CMOS de Silicio o InGaAs, no necesita elementos ópticos adicionales selectivos en longitud de onda. El sensor debe ser un sensor formador de imagen bidimensional, formado por un conjunto de píxeles sensibles a la luz distribuidos en filas y columnas. Puede usarse cualquier sensor convencional de estas características.

- 10 Las fuentes de luz 1 con su electrónica asociada (no ilustrada en la figura 1) están conectadas, por ejemplo con un cable 6, a un sistema de control 7 que decide el encendido y apagado de las fuentes 1. Adicionalmente, el sistema de control 7 controla la adquisición de imágenes de la cámara convencional de amplio rango espectral 5 que, como se ha indicado, apunta a través de la apertura 4 de la superficie difusora 3, a los materiales 2 que se quieren discriminar. Es  
15 decir, el sistema de control 7 está conectado también a la cámara de visión 5.

- El método de obtención de imágenes multiespectrales de la invención, que se implementa en el sistema de control 7, se describe a continuación: El objeto 2 cuyo material se desea discriminar se ilumina secuencialmente con cada longitud de onda disponible de las fuentes de luz 1 (mediante una secuencia de encendido y apagado de las fuentes de luz 1, una longitud de  
20 onda cada vez). Simultáneamente, a través de la cámara 5 se captura y almacena una imagen de la misma escena para cada longitud de onda, formando en conjunto una imagen multiespectral. Es decir, al final del método, se dispone de una imagen con múltiples planos, cada uno a una longitud de onda, que puede ser utilizada para la discriminación optimizada de  
25 los materiales que forman la muestra en diferentes posiciones espaciales de su superficie visible.

- El sistema de control 7, típicamente implementado con un ordenador, se encarga de encender cada una de las fuentes de luz 1, a la vez que da órdenes a la cámara de visión 5 para capturar  
30 una imagen de la escena. El conjunto de imágenes captadas a la totalidad de longitudes de onda disponibles forman una única imagen multiespectral. Un proceso posterior,

implementado típicamente en un ordenador, analiza esta imagen multispectral para tratar de identificar los diferentes materiales presentes en la escena, con capacidad para resolver diferentes materiales, o estados de la superficie, o composiciones químicas, en diferentes posiciones espaciales dentro del campo de visión de la cámara 5. Un ejemplo no limitativo de algoritmo de discriminación es el *Spectral Angle Mapping (SAM)*. El algoritmo de discriminación utilizado queda fuera del alcance de la presente invención.

El sistema de control 7 puede modificar la potencia óptica generada por las fuentes de luz 1 de cada longitud de onda, de forma que se compensen las variaciones de eficiencia de las fuentes de luz 1 y de la sensibilidad de la cámara de visión 5 a las diferentes longitudes de onda. El sistema de control genera una señal de control que se traduce en una corriente de inyección proporcional en las fuentes de luz 1. Hay un valor de la señal de control de referencia ( $S_R$ ) que es la que se aplica a las fuentes de luz 1 que generan una cualquiera longitud de onda,  $\lambda_R$ . A una longitud de onda diferente  $\lambda_1$ , el sistema de control genera una señal de control  $S_1$  empleando la siguiente fórmula:

$$S_1 = S_R \cdot \frac{E_R}{E_1} \cdot \frac{C_R}{C_1}$$

donde  $E_R$  es la eficiencia de las fuentes de luz a la longitud de onda de referencia  $\lambda_R$ ,  $E_1$  es la eficiencia de las fuentes de luz que generan la longitud de onda  $\lambda_1$ ,  $C_R$  es la sensibilidad de la cámara de visión a  $\lambda_R$ , y  $C_1$  es la sensibilidad de la cámara de visión a  $\lambda_1$ . Con esta variación, la imagen multispectral obtenida refleja más fielmente las características espectrales del material bajo estudio y facilita su discriminación.

El sistema de la invención permite la selección de longitudes de onda disponibles en el dispositivo de iluminación. Estas longitudes de onda usadas son obtenidas previamente tras un estudio espectroscópico de los materiales que se quieren clasificar. De este estudio, que puede basarse en algoritmos convencionales como *Sequential Floating Forward Selection (SFFS)* o similares, se extraen una serie de longitudes de onda que tienen la característica particular de ser las más adecuadas para una tarea concreta de discriminación de materiales. Cada implementación de la invención (el número de longitudes de onda necesarias y sus valores

concretos de longitud de onda) es por tanto específica para una tarea de discriminación concreta.

## 5 UN MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Una posible realización de la invención es como sigue: sobre una placa de circuito impreso se distribuyen un conjunto de seis fuentes de luz tipo LED, distribuidas circularmente alrededor de una zona central donde se sitúa la muestra, en este caso hojas de tabaco, y emitiendo a las  
10 longitudes de onda siguientes:  $\lambda_1=407,5\text{nm}$ ,  $\lambda_2=430\text{nm}$ ,  $\lambda_3=466,56\text{nm}$ ,  $\lambda_4=577,19\text{nm}$ ,  $\lambda_5=599,69\text{nm}$ ,  $\lambda_6=674,69\text{nm}$ .

Estas longitudes de onda han sido seleccionadas mediante un algoritmo *Sequential Floating Forward Selection* (SFFS) como aquellas que permiten discriminar mejor entre hojas de  
15 tabaco secas, y materiales extraños tales como papel, cartón, cuerda, láminas de plástico y cuero. Esta implementación de la invención es por tanto de utilidad en la industria de clasificación de tabaco, para detectar automáticamente la presentación de cuerpos extraños no deseados entre las hojas de tabaco que entran al proceso productivo.

20 La placa de circuito impreso sobre las que se colocan las fuentes de luz comprende también un microcontrolador, que controla la inyección de corriente en las fuentes de luz, y por tanto su encendido, y que incorpora también una conexión USB, conectada a un ordenador de control. El microcontrolador está adecuadamente programado para recibir ordenes de encendido y apagado de las fuentes de luz desde el ordenador de control.

25

En el centro del circuito impreso se sitúa una muestra de hojas de tabaco secas que pueden contener objetos extraños no deseados. El sistema de control genera secuencialmente a las seis longitudes de onda disponibles. Durante cada iluminación, una cámara de video con detector CCD de Silicio toma una imagen de la muestra de tabaco, componiéndose una imagen  
30 multiespectral a seis longitudes de onda diferentes. El análisis de la imagen multiespectral

permitiría detectar fácilmente la presencia de los materiales extraños mencionados si estos estuviesen mezclados con el tabaco.

## REIVINDICACIONES

1.- Un sistema de captura de imágenes multispectrales para la discriminación de materiales, que comprende:

5

-una pluralidad de fuentes de luz (1), configuradas para emitir una pluralidad de longitudes de onda diferentes y configuradas para encenderse y apagarse a voluntad mediante un sistema de control (7) y para iluminar un objeto (2) de cuyo material o materiales se desea obtener una imagen multispectral;

10

-una cámara de visión (5) que comprende un sensor formador de imagen bidimensional sensible a la luz de al menos a todas las longitudes de onda emitidas por dichas fuentes de luz (1);

15

caracterizado por que comprende una superficie difusora (3) situada entre dicha cámara de visión (5) y el conjunto formado por dicha pluralidad de fuentes de luz (1) y dicho objeto (2), donde dicha superficie reflectora (3) comprende una abertura (4) a través de la cual dicha cámara (5) es capaz de captar al menos una imagen de dicho objeto (2), estando dicha cámara de visión (5) alineada concéntricamente con respecto a la abertura (4) de la superficie reflectora (3), evitando así la captación por la cámara (5) de reflexión especular no difusa o de la luz directa emitida por las fuentes de luz (1).

20

2.- El sistema de la reivindicación 1, donde dicho objeto (2) está rodeado por dicha pluralidad de fuentes de luz (1).

25

3.- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, donde dichas fuentes de luz (1) y dicho objeto (2) están situados en un mismo plano.

4.- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha superficie difusora (3) es un reflector difuso.

30

5.- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha superficie difusora (3) tiene una forma semiesférica o parabólica.

5 6.- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho sistema de control (7) está configurado para controlar la adquisición de imágenes de la cámara (5).

7.- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho sistema de control (7) está configurado para controlar la potencia de emisión de cada una de las fuentes de luz (1) mediante la generación de una señal de control variable ( $S_1$ ) capaz de compensar las variaciones de eficiencia de cada una de las fuentes de luz (1) y de la sensibilidad de la cámara de visión (5) a las diferentes longitudes de onda.

8.- El sistema de la reivindicación 7, donde cada señal de control variable ( $S_1$ ) , dedicada a cada una de las longitudes de onda empleadas, responde a la fórmula:

$$S_1 = S_R \cdot \frac{E_R}{E_1} \cdot \frac{C_R}{C_1}$$

donde  $S_R$  es una señal de control de referencia que se aplica a las fuentes de luz (1) que generan una cualquiera longitud de onda  $\lambda_R$ ,  $E_R$  es la eficiencia de las fuentes de luz (1) a una longitud de onda de referencia  $\lambda_R$ ,  $E_1$  es la eficiencia de las fuentes de luz (1) que generan una longitud de onda  $\lambda_1$ ,  $C_R$  es la sensibilidad de la cámara de visión a la longitud de onda de referencia  $\lambda_R$  y  $C_1$  es la sensibilidad de la cámara de visión a la longitud de onda  $\lambda_1$ .

9.- Un método de captura de imágenes multiespectrales para la discriminación de materiales, caracterizado por las etapas de:

-encender secuencialmente cada una de las fuentes de luz de una pluralidad de fuentes de luz espectralmente estrechas (1), donde dichas fuentes de luz (1) emiten una pluralidad de



longitudes de onda diferentes, de forma que dichas fuentes de luz (1) iluminan un objeto (2) de cuyo material o materiales se desea obtener una imagen multiespectral;

5 -capturar, mediante una cámara de visión (5), una imagen de dicho objeto (2) iluminado con cada longitud de onda, de forma que se obtienen múltiples imágenes, cada una a una longitud de onda diferente, formando una imagen multiespectral conjunta;

-discriminar, a partir de dicha imagen multiespectral conjunta, el o los diferentes materiales presentes en dicho objeto (2).

10

10.- El método de la reivindicación 9, que comprende además la etapa de controlar la potencia de emisión de las fuentes de luz (1) mediante la generación de una señal de control variable ( $S_1$ ) capaz de compensar las variaciones de eficiencia de las fuentes de luz (1) y de la sensibilidad de la cámara de visión (5) a las diferentes longitudes de onda.

15

11.- El método de la reivindicación 10, donde cada señal de control variable ( $S_1$ ), dedicada a cada una de las longitudes de onda empleadas, responde a la fórmula:

$$S_1 = S_R \cdot \frac{E_R}{E_1} \cdot \frac{C_R}{C_1}$$

20

donde  $S_R$  es una señal de control de referencia que se aplica a las fuentes de luz (1) que generan una cualquiera longitud de onda  $\lambda_R$ ,  $E_R$  es la eficiencia de las fuentes de luz (1) a una longitud de onda de referencia  $\lambda_R$ ,  $E_1$  es la eficiencia de las fuentes de luz (1) que generan una longitud de onda  $\lambda_1$ ,  $C_R$  es la sensibilidad de la cámara de visión a la longitud de onda de referencia  $\lambda_R$  y  $C_1$  es la sensibilidad de la cámara de visión a la longitud de onda  $\lambda_1$ .

25

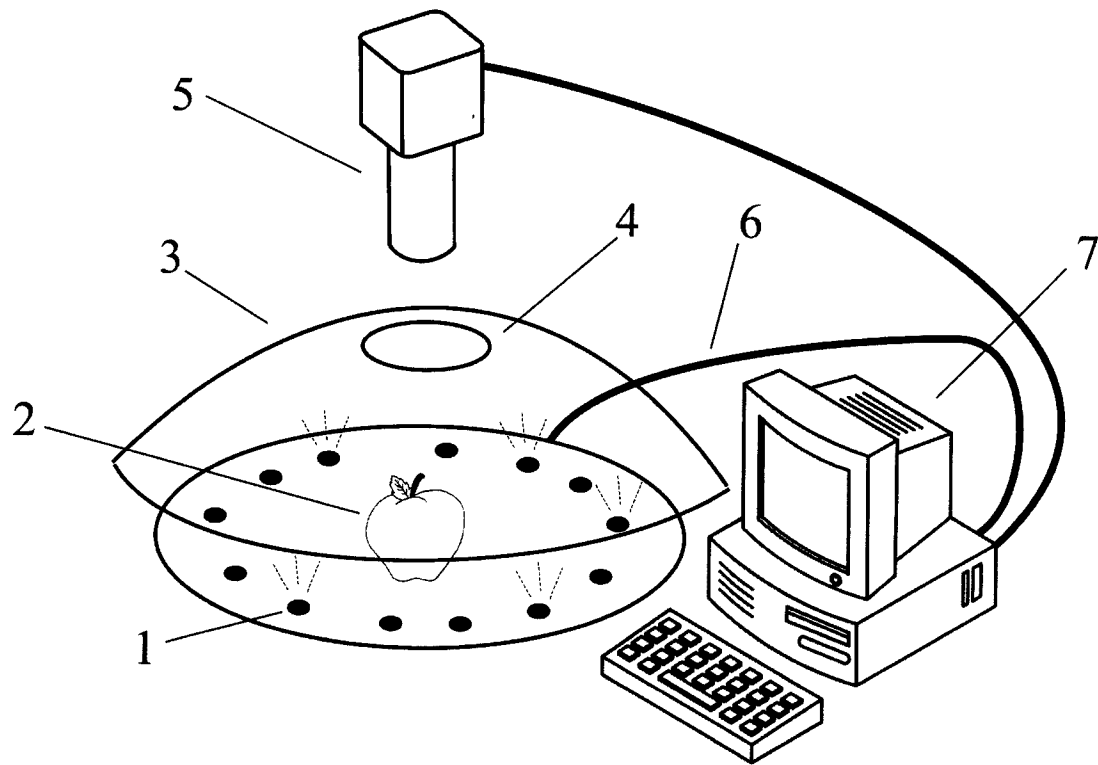


FIGURA 1